

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE ODONTOLOGIA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Tamara Eduarda Hess Borba

**INTERFACE DE UNIÃO ENTRE RESINA COMPOSTA DE BAIXA
VISCOSIDADE E RESINA ACRÍLICA ATIVADA QUIMICAMENTE –
COMPORTAMENTO MECÂNICO E INFLUÊNCIA DO TRATAMENTO DE
SUPERFÍCIE**

Florianópolis

2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE ODONTOLOGIA

Tamara Eduarda Hess Borba

**INTERFACE DE UNIÃO ENTRE RESINA COMPOSTA DE BAIXA
VISCOSIDADE E RESINA ACRÍLICA ATIVADA QUIMICAMENTE –
COMPORTAMENTO MECÂNICO E INFLUÊNCIA DO TRATAMENTO DE
SUPERFÍCIE**

Trabalho apresentado à
Universidade Federal de Santa
Catarina, como requisito para a
conclusão do Curso de Graduação
em Odontologia.

Orientadora: Prof^ª Dr^a Thais
Marques Simek Vega Gonçalves

Florianópolis

2016

Tamara Eduarda Hess Borba

**INTERFACE DE UNIÃO ENTRE RESINA COMPOSTA DE BAIXA
VISCOSIDADE E RESINA ACRÍLICA ATIVADA QUIMICAMENTE –
COMPORTAMENTO MECÂNICO E INFLUÊNCIA DO TRATAMENTO DE
SUPERFÍCIE**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado, adequado para obtenção do título de cirurgião-dentista e aprovado em sua forma final pelo Departamento de Odontologia da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 19 de outubro de 2016.

Banca Examinadora:

Prof.^a, Dr.^a. Thais Marques Simek Vega Gonçalves
Orientadora
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.^a Dr.^a. Analucia G. Phillipi
Membro
Universidade Federal de Santa Catarina

Dr.^a Karla Nunes Teixeira
Membro

Dedico este trabalho ao meu irmão, Heitor Marangoni Coelho Borba, a quem me ensina todos os dias que qualquer dificuldade pode ser superada.

“O sucesso nasce do querer, da determinação e da persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis.”

José de Alencar

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a **Deus** que permitiu que tudo isso acontecesse, e por ter colocado em meu caminho todas as pessoas que me fizeram chegar até aqui.

Aos meus pais, **Glauber Julian Marangoni Borba** e **Sidinalva Hess Wensiboski** por todo amor e apoio durante toda minha vida.

A minha amada vó, **Maria Terezinha Hess**, a quem devo tudo que sou hoje.

À minha orientadora, Prof^ª Dr^ª **Thais Marques Simek Vega Gonçalves**, pela sabedoria em transmitir seus conhecimentos, pela paciência, pelo exemplo de profissional e por todos os momentos bons.

A Dr^ª **Karla Nunes Teixeira**, pelas horas de dedicação, pelos ensinamentos e pelo carinho de sempre.

À minha amiga **Jaqueline Leonardi Pazinato** pelas horas de trabalho juntas, mas principalmente pela amizade verdadeira e pelo seu apoio incondicional. Tua amizade ficará sempre em meu coração.

À minha parceira e amiga **Amanda Cristina Cipriani**, por ser uma luz em meu caminho e pelo prazer de ter morado junto durante um ano.

As minhas amigas **Rayani Ruiz**, **Nicolle Rodrigues Souza** e **Camilla Villela Papaleo**, por cada uma ter me feito crescer e por compartilhar comigo todos os momentos da faculdade.

Aos meus colegas de turma, pelo companheirismo e por terem contribuído, cada um do seu jeito, com a minha formação.

RESUMO

Objetivo: Avaliar o comportamento mecânico da interface adesiva formada entre a resina composta (RC) de baixa viscosidade e a resina acrílica ativada quimicamente (RAAQ), após aplicação de diferentes tratamentos de superfície.

Materiais e Métodos: Baseado no cálculo amostral de estudo piloto prévio, foram confeccionados 62 blocos de RAAQ (Alike, GC America), que, após padronização, foram aleatoriamente divididos nos grupos experimentais. Foram testados tratamentos isolados e associados, avaliando-se a aplicação de monômero de metilmetacrilato (MMA) por 180s, um adesivo convencional (Scotchbond 3M ESPE) e outro específico para compósitos (Composite Primer, GC Europe). Foi aplicado jateamento prévio com óxido de alumínio em metade da amostra. Duas marcas comerciais (GC Inc. e 3M ESPE) de RCs de baixa viscosidade foram testadas. O teste de cisalhamento foi realizado em Máquina de Ensaio Universal (Instron 4444). O valor de tensão máxima foi registrado em N e transformado em MPa. O tipo de falha (adesiva ou mista), foi avaliado visualmente com auxílio de lente de aumento. Os resultados foram analisados por Análise de Variância Fatorial, seguido de Tukey ($\alpha=0.05$).

Resultados: Houve diferença significativa em relação ao tratamento de superfície e o tipo de falha observado ($p<0.05$). O jateamento e as interações não foram significantes ($p>0.05$). Em relação ao tratamento de superfície, a maior resistência adesiva foi encontrada quando o MMA foi aplicado previamente ao agente adesivo ($p<0.0001$), independentemente do adesivo aplicado ($p=0.20$). Os resultados do uso isolado do primer para compósitos (Composite Primer, GC Europe) foram semelhantes à associação de MMA e o Scotchbond ($p>0.05$). O jateamento de forma isolada, não promoveu aumento na força de resistência ao cisalhamento ($p=0,81$). Quanto ao tipo de falha, a adesiva foi predominante em todos os grupos, entretanto, o valor de resistência de união foi consideravelmente maior na falha mista ($p=0,004$).

Conclusão: O tratamento de superfície melhora o comportamento mecânico da interface adesiva, sendo que o método mais eficiente para uso com RC de baixa viscosidade, associa a aplicação de MMA por 180s seguida de um agente adesivo. O uso do primer adesivo (Composite Primer, GC Europe), de forma isolada, também é uma boa alternativa para aumentar a resistência de união da interface.

Palavras-chave: Resina Acrílica; Resina Composta de Baixa Viscosidade; Provisórios.

ABSTRACT

Objective: To evaluate the mechanical behavior of the adhesive interface, created from the union of flowable composite resin to chemically activated acrylic resin (acrylic resin), after the application of different surface treatments.

Materials and Methods: After sample calculation based on previous pilot study, 62 acrylic resins blocks (Alike, GC America), were made and after standardization, the blocks were randomly divided into experimental groups varying the surface treatment and trademark of products applied. The application of methyl methacrylate monomer (MMA) for 180s and adhesive systems (conventional and specific to composites) were tested, alone or combined. Prior sandblasting with aluminum oxide was also applied to half of the sample. Two trademarks (GC Inc. and 3M ESPE) of adhesives and flowable composite resins were tested. The shear bond strength was tested in Universal Testing Machine (Instron 4444). The value of maximum strength was recorded in N and transformed into MPa. The type of failure (adhesive or mixed) was visually assessed with magnifying lens. The results were analyzed by Factorial Analysis of Variance, followed by Tukey ($\alpha = 0.05$).

Results: There was a significant difference from the surface treatment and type of failure observed ($p < 0.05$). The sandblasting and interactions were not significant. Regarding the surface treatment, the highest bond strength was found when MMA was previously applied to the adhesive agent ($p < 0.0001$), regardless of the type of adhesive applied ($p = 0.20$). The composite primer application (Composite Primer, GC Europe) also increased the bond ($p < 0.0001$), with similar results to the MMA membership and the Scotchbond (3M ESPE) ($p > 0.05$). The blast in isolation, not increased the shear resistance force ($p = 0.81$). Regarding the type of failure, the adhesive was predominant in all groups, however, the bond strength value was considerably higher in mixed failure ($p = 0.004$).

Conclusion: The surface treatment improves the mechanical behavior of the adhesive interface, and the most efficient protocol for use with flowable composite resin is associated MMA for 180s followed by an adhesive agent. The isolated use of adhesive primer (Composite Primer, GC Europe) was also a good way to increase the bonding resistance of the adhesive interface.

Key-words: Acrylic resin; Flowable Composite Resin; Provisional.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Estrutura química do polimetacrilato (PMMA).	Erro! Indicador não definido.
Figura 2: Disposição química das resinas bis-GMA e UEDMA, usadas como resinas básicas (matriz).....	19
Figura 3: Estrutura química do TEGDMA que é empregado como diluente para reduzir a viscosidade das resinas básicas, principalmente do bis-GMA.	19
Figura 4: Acréscimo de RC de baixa viscosidade para a conformação do perfil de emergência de restauração provisória de RAAQ.	20
Figura 5: Bloco mestre em poliuretano com aresta de 1cm.	25
Figura 6: Molde mestre em silicone de adição.	26
Figura 7: Preenchimento do molde mestre com RAAQ (Alike, GC America Inc).....	26
Figura 8: Bloco de RAAQ (Alike, GC America Inc, Alsip, Illinois, EUA), incluído em cilindro de PVC preenchido com RAAQ incolor.	26
Figura 9: Politriz metalográfica do Laboratório de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade Federal de Santa Catarina.....	27
Figura 10: Blocos submetidos ao banho ultrassônico.	27
Figura 11: Condicionamento da superfície com MMA (Alike, GC America Inc, Alsip, Illinois, EUA) por 180s.	28
Figura 12: Condicionamento da superfície com Primer Adesivo para Compósito (Composite Primer, GC Europe, Inc, Leuven, Bélgica).....	28
Figura 13:Aplicação do Primer Adesivo para Compósito (Composite Primer, GC Europe, Inc, Leuven, Bélgica) de forma ativa com microbrush.....	28
Figura 14: Fotopolimerização do Primer Adesivo para Compósito (Composite Primer, GC Europe, Inc, Leuven, Bélgica).	29
Figura 15: Inserção de RC de baixa viscosidade (Gaenial Universal Flow, GC America Inc) no cilindro.	29
Figura 16:Cilindros de RC convencional (Solare, GC America Inc.) e de RC baixa viscosidade (Gaenial Universal Flow, GC America Inc) nos diâmetros de 1 mm (microcisalhamento) e 2 mm (cisalhamento).	30
Figura 17: Incrementos de RC convencional (Solare, GC America Inc.) e RC de baixa viscosidade (Gaenial Universal Flow, GC America Inc).	30

Figura 18: Máquina Universal de Ensaaios (Instron 4444) com fio de aço 0,025mm para tração do corpo de prova.	31
Figura 19: Corpo de prova sendo tracionado por fio de aço 0,025mm em Máquina Universal de Ensaaios.	31
Figura 20: Matriz de 6 centímetros para padronização da distância do jateamento.....	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Resultados da ANOVA Fatorial avaliando a resistência de união (MPa) após a aplicação dos diversos tratamentos, o teste realizado e a interação entre eles.	31
Tabela 2: Média (\pm e erro padrão) de resistência de união (MPa) segundo o tratamento de superfície e o teste mecânico realizado.....	32
Tabela 3: Composição dos grupos do estudo experimental	36
Tabela 4: Resultados da ANOVA Fatorial avaliando a resistência de união (MPa) após aplicação dos diversos tratamentos e possíveis interações.	38
Tabela 5: Média (\pm desvio padrão) de resistência adesiva (MPa), de acordo com o tratamento de superfície aplicado.	38

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Resistência de união média (MPa), segundo o tratamento de superfície e o teste mecânico realizado.	33
Gráfico 2: Módulo de Weibull correspondente aos diferentes tratamentos de superfície.	33
Gráfico 3: Gráfico de Módulo de Weibull avaliando os testes de micro e cisalhamento.	34
Gráfico 4: Módulo de Weibull aplicado aos diferentes tratamentos de superfície.....	39
Gráfico 5: Módulo de Weibull aplicado aos diferentes tratamentos de superfície com e sem jateamento.	40
Gráfico 7: Resistência adesiva (MPa) observada segundo o tipo de falha apresentada.	41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

RCs – Resinas compostas

RAAQ - Resina Acrílica Ativada Quimicamente

RC – Resina composta

RAAQs – resinas acrílicas ativadas quimicamente

PMMA - Polimetilmetacrilato

IPN - Interpenetrating Polymer Network

bis-GMA – Bisfenol Glicil Metacrilato

UEDMA - Uretanodimetacrilato

TEGDMA - Trietilenoglicol Dimetacrilato

MMA – Monômero de Metilmetacrilato

s – segundos

µm – Micrômetro

mm – milímetros

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

N - Newton

MPa – Megapascal

Al₂O₃ – Óxido de Alumínio

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. REVISÃO DE LITERATURA	18
3. OBJETIVOS	24
3.1 Objetivo Geral	24
3.1.1 Objetivos Específicos	24
4. MATERIAIS E MÉTODOS	25
4.1 Estudo Piloto	25
4.2 Resultados do Estudo Piloto	31
4.3 Considerações do estudo piloto	34
4.4 Estudo experimental	35
5. RESULTADOS	38
6. DISCUSSÃO	42
7. CONCLUSÃO	46
8. REFERÊNCIAS	47

1.INTRODUÇÃO

Dados mais recentes do levantamento epidemiológico brasileiro (SB Brasil de 2010) revelaram que 17,4% dos adolescentes brasileiros (15 a 19 anos) necessitam de algum tratamento reabilitador, enquanto que, entre os adultos de 35 a 44 anos, 22,4% não possuem ao menos 21 dentes naturais.¹

A reposição dos elementos dentais ausentes por meio de tratamentos reabilitadores visa restaurar a função e a estética das estruturas perdidas, podendo ser realizados de forma direta ou indireta.² Quando uma pequena reconstrução anatômica é necessária, a indicação recai sobre materiais de uso direto como, por exemplo, as resinas compostas fotoativadas (RCs). Por outro lado, grandes destruições coronárias assim como a ausência de múltiplos dentes necessitam de abordagens reabilitadoras diferenciadas, necessitando de restaurações indiretas.

Independente do tipo de restauração indireta, todo tratamento reabilitador apresenta três fases distintas, que podem variar segundo a complexidade do caso. Essas etapas incluem o diagnóstico e planejamento do tratamento, a devolução das referências de normalidade, também conhecida por temporização ou fase de provisórios, e a execução da restauração propriamente. Neste sentido, além de proteger e estabilizar as estruturas preparadas, as restaurações provisórias são úteis para auxiliar o correto diagnóstico, pois permitem a visualização e correção dos parâmetros estéticos e funcionais, de modo a obter um ótimo resultado clínico antes mesmo da conclusão definitiva do tratamento. Uma vez cimentada com material adequado, a restauração provisória restabelece a função mastigatória e fonética, além de devolver a estética, proteger o complexo dentino-pulpar, prevenir a movimentação dentária, manter a estabilidade oclusal e promover a saúde dos tecidos periodontais e de suporte.^{1, 3}

Diferentes técnicas têm sido preconizadas para a fabricação de restaurações provisórias, porém o material mais utilizado durante a confecção é a resina acrílica ativada quimicamente (RAAQ).^{4, 5} Infelizmente, apesar da facilidade de sua utilização, as restaurações provisórias confeccionadas em RAAQ possuem limitações inerentes à técnica e ao material propriamente. A reação química que ocorre durante a polimerização da RAAQ gera, como subprodutos, calor e contração, com consequente alteração dimensional do material. Essas características são extremamente deletérias às restaurações provisórias, tanto em curto quanto em longo prazo.^{3, 5} Para reduzir o

trauma térmico, diversos autores recomendam a remoção da restauração provisória do preparo após a polimerização inicial da RAAQ, permitindo que a definitiva polimerização ocorra extraoralmente. Em contrapartida, a polimerização deste tipo de resina fora do preparo dental aumenta a distorção da restauração que, em adição à alta contração de polimerização da RAAQ, prejudica o assentamento correto da restauração provisória e resulta na formação de fendas marginais na região do término cervical. A desadaptação marginal decorrente desse processo permite a infiltração marginal e o acúmulo de biofilme, com consequente comprometimento do tecido dental e periodontal, degradação do cimento provisório e deslocamento frequente da restauração ou até mesmo o desenvolvimento de lesão cáriosa no remanescente dental. Em relação aos tecidos periodontais, o acúmulo de biofilme na fenda marginal aumenta a inflamação do tecido com consequente sangramento e/ou retração gengival, além de prejudicar as etapas subsequentes do tratamento com potencial deletério em relação à estética final do caso.

Diversas técnicas de reembasamento e diferentes materiais têm sido aplicados de forma a minimizar a desadaptação tanto interna quanto marginal das restaurações provisórias.⁶ O material mais utilizado na prática clínica para tal procedimento é a própria RAAQ que, apesar de suas limitações, apresenta uma boa adesão com a restauração provisória, visto que ambas apresentam a mesma composição química. Em contrapartida, a RAAQ é um material extremamente poroso e apresenta tempo de trabalho e manipulação limitados, visto sua polimerização ser ativada quimicamente. Essas particularidades da RAAQ podem ter efeitos importantes em regiões críticas como as áreas sub-gengivais, onde a lisura superficial e a adaptação correta das restaurações provisórias são fatores decisivos à manutenção da saúde dos tecidos periodontais.

Uma alternativa ao reembasamento do provisório com RAAQ seria a utilização da resina composta (RC), visto que esse material apresenta diversas vantagens como: facilidade e maior controle na aplicação e manipulação, baixa contração de polimerização, maior lisura superficial e melhor reprodução de detalhes anatômicos, o que propicia melhores resultados estéticos e maior saúde dos tecidos periodontais.⁷ Em adição, as RCs estão disponíveis no mercado em diferentes consistências, podendo ser utilizadas tanto as resinas de baixa consistência, em casos de pequenas correções no término, quanto aquelas de consistência regular, nos casos de desajustes cervicais mais

significativos. Outra indicação bastante interessante ao uso das RCs sobre RAAQ seria a personalização do perfil de emergência de próteses sobre implantes, o que permite o condicionamento da papila gengival com consequente melhora do resultado estético final.⁸

Apesar de todas as vantagens do reembasamento direto de restaurações provisórias de RAAQ com RC, a existência de uma interface de união entre esses materiais, que apresentam composição química distinta, poderiam apresentar comportamentos mecânicos diferentes, o que poderia fragilizar a interface de união e interferir no desempenho clínico das próteses em longo prazo com aumento na incidência de percolação e manchamento.⁹

Ainda neste sentido, como as RAAQ apresentam maior porosidade e maior contração de polimerização, com maior liberação de monômero residual, o comportamento desta interface poderia ser alterado com a aplicação de diferentes tratamentos de superfície. Entretanto, segundo uma revisão de literatura recente, não há estudos que avaliem tal comportamento em longo prazo quando da utilização de RAAQ como substrato.⁷

Da mesma forma, como a literatura é escassa sobre o tema, não é possível determinar o comportamento da interface RC/RAAQ, quando do uso de RCs de baixa viscosidade. Essas resinas, por apresentarem menor quantidade de carga inorgânica e consequentemente, menor tensão superficial, poderiam ter um melhor escoamento sobre a superfície e consequente melhor desempenho adesivo.⁷

Assim, tendo em vista a quantidade limitada de informações relacionadas ao assunto e a relevância clínica do tema, justifica-se a realização do presente estudo, com o intuito de auxiliar o clínico durante a aplicação de compósitos de baixa viscosidade sobre a RAAQ.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A resina acrílica ativada quimicamente (RAAQ) é um material geralmente oferecido na forma de pó e líquido, sendo o constituinte principal do líquido o metacrilato de metila, também conhecido por monômero. Uma pequena quantidade de hidroquinona (inibidor) também está presente no líquido para evitar a polimerização espontânea durante o seu armazenamento. Dependendo do uso a qual se destina, podem ser acrescentados agentes de ligação cruzada e plastificantes.¹⁰ Na RAAQ, o líquido contém também um ativador químico (geralmente uma amina terciária). O pó é composto por microesferas de polimetacrilato de metila (polímero) polimerizadas industrialmente. Os fabricantes colocam o monômero (metacrilato de metila), previamente misturado com peróxido de benzoíla (iniciador), suspensos em uma solução aquosa. A mistura é agitada, de forma que o monômero (juntamente com o peróxido) forma pequenas esferas dispersas na solução aquosa. A temperatura da mistura é elevada de forma controlada para promover a polimerização do monômero em forma de pequenas esferas.^{11, 12}

Outro tipo de resina amplamente utilizado na odontologia é a resina composta (RC). Suas principais indicações são as restaurações diretas para preenchimento de cavidades dentárias causadas por cárie ou fraturas, correção de anatomia dental, uso em tratamentos ortodônticos fixos, restaurações visando aumento da dimensão vertical, entre outros. Além delas, uma possível aplicação da RC seria o reembasamento de restaurações provisórias confeccionadas em RAAQ.

As RCs modernas contêm inúmeros componentes, sendo que os principais constituintes são a matriz orgânica, as partículas de carga inorgânicas e agentes de união. A matriz orgânica é constituída de monômeros, inibidores, modificadores de cor e sistema iniciador/ativador. Os monômeros mais comuns empregados na matriz são: o bisfenol glicidil metacrilato (bis-GMA) e o uretanodimetacrilato (UEDMA), cujas estruturas moleculares estão expostas na Figura 2. O alto peso molecular do monômero faz com a resina seja altamente viscosa, por isso, a utilização de um diluente é essencial para possibilitar a adição de grandes quantidades de carga, porém com consistência adequada para aplicação clínica. Os diluentes geralmente são monômeros de dimetacrilato como o trietileno glicol dimetacrilato (TEGDMA) (Figura 3), entretanto, sua adição aumenta a contração de polimerização.¹¹

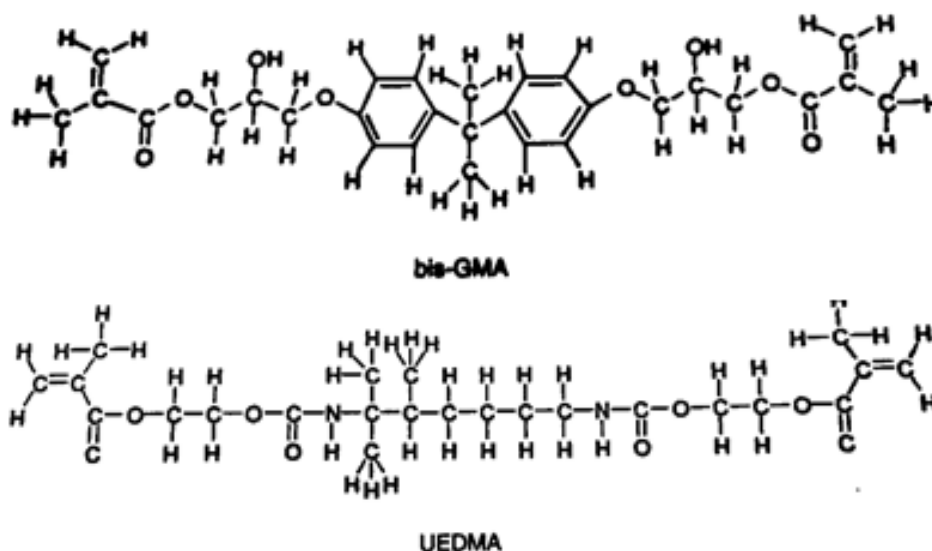


Figura 1: Disposição química das resinas bis-GMA e UEDMA, usadas como resinas básicas (matriz).

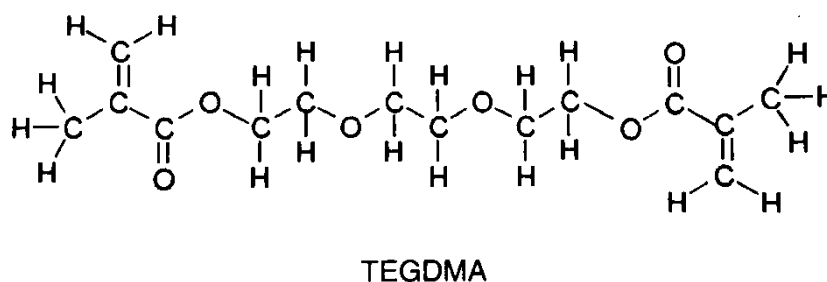


Figura 2: Estrutura química do TEGDMA que é empregado como diluente para reduzir a viscosidade das resinas básicas, principalmente do bis-GMA.

A incorporação de partículas de carga inorgânica como quartzo, sílica coloidal, e partículas de vidro à matriz orgânica da resina favorece consideravelmente as propriedades mecânicas do material. Porém, é importante que as partículas de carga sejam unidas à matriz orgânica, permitindo assim que o polímero formado seja relativamente flexível, e transfira as tensões para as partículas mais rígidas. Essa adesão é promovida por um agente de união, sendo os organosilanos, os agentes mais comumente empregados. Os grupos metacrilato dos compostos organosilanos formam uma união covalente com a resina quando ela é polimerizada, completando assim, o processo de união. Esta união é extremamente importante para o desempenho clínico dos compósitos.¹³

A RC fotoativada poderia ser utilizada, de forma direta, no reparo e reembasamento de restaurações provisórias confeccionadas em RAAQ, pois permitem um melhor controle do tempo clínico e maior reprodução de detalhes anatômicos de

regiões críticas como o término cervical do preparo dental. Essas resinas também podem ser aplicadas durante a personalização do perfil de emergência de próteses sobre implantes (Figura 4). Por sua polimerização ocorrer através da luz, e não de uma reação exotérmica, não há necessidade de remoção do provisório durante sua confecção para proteção pulpar, evitando assim a ocorrência de contração e consequente distorção do material. Porém, o sucesso clínico da técnica ocorre quando a interface de união se mantém estável ao longo do tempo.¹⁴



Figura 3: Acréscimo de RC de baixa viscosidade para a conformação do perfil de emergência de restauração provisória de RAAQ.

O reparo e reembasamento de restaurações de RAAQ com RC têm como possível limitação a diferença de composição entre esses dois materiais, o que poderia alterar a o comportamento ao longo do tempo, embora, existam similaridades entre ambas as resinas. A força de união entre os dois materiais é dependente da capacidade de criar ligações químicas, mecânicas ou físicas na sua interface. Uma forte ligação entre a RAAQ e a RC é de vital importância para o sucesso clínico, principalmente em regiões críticas como o término cervical de restaurações subgengivais¹⁵. Seguindo esse raciocínio, Papazoglou e Vasilas (1999)¹⁶ afirmam que é possível a ocorrência de alguma união química entre a resina acrílica e composta, porém, ainda faltam estudos avaliando o comportamento desta interface, sendo que os estudos publicados até o momento avaliaram apenas a união de dentes artificiais e RC convencional.

A partir de 1966, surgiram as RCs de baixa viscosidade do tipo “Flow”, que por serem mais fluidas e permitir um maior escoamento na cavidade, reduziram a microinfiltração de restaurações convencionais sobre dentes.¹⁷ Esse material apresenta vantagens, incluindo a variedade de cores e tons, facilidade de aplicação e manipulação, tempo de trabalho adequado, odor mínimo, baixa concentração de polimerização e bom selamento marginal. No entanto, a RC de baixa viscosidade apresenta menor quantidade

de carga inorgânica quando comparada às RCs de consistência convencional, o que reduz a resistência ao desgaste.¹⁸ Por outro lado, essa maior quantidade de matriz orgânica favorece o escoamento do material e consequente correção de deficiências no término cervical das restaurações provisórias, podendo influenciar a resistência de união da interface.

O uso da resina de baixa viscosidade foi citado ainda como uma alternativa para reparos protéticos por Bohnenkamp e Garcia (2004).⁶ Estes autores afirmam que “A aplicação da RC fluida para corrigir deficiências de provisórios é uma técnica eficaz e eficiente, pois satisfaz os critérios de adaptação marginal, interna e proximal precisa dos provisórios”.

Apesar de parecer bastante promissor o uso de RC de baixa resistência para reembasamentos e reparos de restaurações de RAAQ, pouco se sabe sobre o comportamento clínico deste procedimento.^{6,7}

Faltam estudos avaliando, por exemplo, a influência de diferentes tratamentos de superfície que possam aumentar a resistência adesiva entre a RAAQ e a RC de baixa consistência, melhorando a estabilidade desta união e consequente performance da restauração.

Apesar da maioria dos estudos avaliar a resina acrílica de dentes artificiais, algumas técnicas têm sido descritas, com o intuito de aumentar a resistência de união desta interface. Nesses estudos são descritos tratamentos mecânicos e químicos incluindo a confecção de chanfros e canaletas e, polimento, abrasão a ar com alta energia, aplicação de monômero, solventes não polimerizáveis e até mesmo a silanização.¹⁵

Um dos primeiros relatos na literatura que sugeriu a união de resina acrílica e composta foi feito em 1987, por Stameisen e Ruffino.¹⁴ Neste relato de técnica, os autores demonstraram a importância de um agente de ligação, para proporcionar melhor união entre as resinas no reparo de dentes perdidos ou quebrados em próteses, utilizando-se compósitos diretos. O procedimento consistia em tornar áspera a superfície da resina acrílica com uso de uma ponta diamantada, removendo assim qualquer resíduo de biofilme ou reparos anteriores, além de aumentar a área de superfície para o estabelecimento de uma ligação adesiva mais eficiente. A prótese era então enxaguada e seca com jatos de ar. A umidade residual foi retirada aplicando-se um agente à base de álcool com auxílio de uma escova descartável. O substrato foi

então revestido com um agente de ligação à base de bis-GMA não viscoso, diluído com MMA. Os autores sugeriram que a baixa viscosidade do produto permitiu melhor umectação do substrato e maior reatividade da superfície de contato, permitindo, assim, adequada adesão da resina composta híbrida macroparticulada. A inserção da resina composta podia ser feita diretamente ou com auxílio de seringa Centrix ou ainda com fotoativação por 30 a 45 segundos. Depois da polimerização, foi feito acabamento e ajustes oclusais.

Vallittu, Lassila e Lappalainen (1994),¹⁹ avaliaram a resistência transversal de reparos em resina composta sobre bases de resina acrílica termopolimerizável. Neste estudo foi utilizado PMMA transparente e termicamente ativado para a confecção dos espécimes. Foram misturados 22,5 miligramas de pó para 10 mililitros de MMA, depois essa mistura foi vertida em um molde de alumínio e levada à pressão constante de 2 bars por 15 minutos para completa polimerização. Foram confeccionados 12 espécimes para cada tratamento de superfície a ser avaliado. O processo de reparo foi feito dentro do mesmo molde de alumínio em que os espécimes foram confeccionados, assim a dimensão dos espécimes foi mantida. Os espécimes foram armazenados em água por 4 dias. Antes da aplicação da resina composta, as superfícies a serem reparadas foram umedecidas com MMA (Pro Base Cold, Ivoclar) para dissolução da camada superficial do substrato de PMMA. O tempo de aplicação do MMA nas superfícies variou de 0, 5, 60 e 180 segundos. Para determinar as alterações morfológicas na superfície após aplicação do MMA, foram preparadas cinco amostras adicionais. As superfícies destas amostras foram umedecidas com MMA, lavadas com água, pulverizadas com partículas metálicas e examinadas por um microscópio eletrônico de varredura (Jeol JSM-35, JEOL Inc., Tóquio, Japão) a 15 kV. Foram feitas fotomicrografias (ampliação original x600) para inspeção visual durante a análise de dados. As cargas de fratura das amostras reparadas foram medidas com uma máquina universal de ensaio Schleuniger 2E (Schleuniger, Solothurn, Suíça) a uma velocidade de 120mm/min. A extensão do teste de carga de três pontos foi de 35 mm. As superfícies das fraturas foram examinadas visualmente com um microscópio óptico (ampliação de 6,4 vezes). Os resultados revelaram que a resistência de união aumentou de 3,5 kiloponds para 4,2 kiloponds quando a superfície foi previamente condicionada com MMA por 180 segundos. A inspeção visual indicou que houve uma redução no número de falhas adesivas quando a superfície foi tratada com MMA.

Um estudo realizado por Vergani et al. (2000),⁸ analisou o efeito de três tratamentos de superfície sobre a força de cisalhamento da interface entre RC e dentes artificiais de resina acrílica. Ao contrário dos estudos anteriores, este estudo mostrou que o uso de MMA isoladamente não é capaz de gerar sítios reagentes suficientes para aumentar a resistência adesiva da interface. Da mesma forma, o uso de adesivos dentinários isoladamente, também não promoveu uma união adesiva adequada entre os dois materiais. Deste modo, a combinação da aplicação do MMA, seguida do adesivo parece ser a forma mais eficaz de aumentar a resistência de união da interface. Segundo os autores, a ligação entre a resina acrílica e a RC intermediada pelo adesivo, ocorreria pela união entre os grupamentos metacrilatos da resina acrílica do dente de estoque e o adesivo, que possuem, em sua composição, metilmetacrilato e uretano-dimetacrilato, os quais também possibilitam a união com a RC.

Patras et al. (2012),⁷ sugeriu que para melhorar o embricamento mecânico do material restaurador, fosse criada uma rugosidade superficial através de chanfros, uso de brocas ou jateamento com óxido de alumínio. Nessa revisão de literatura, os autores sugerem que o uso do jateamento poderia melhorar a rugosidade geral e retenção micromecânica da interface, porém faltam estudos que comprovem essa teoria.⁷

Em um estudo, realizado por Perea et al., (2015)²⁰, foi avaliada a profundidade de dissolução de diferentes sistemas monoméricos, aplicados com diferentes tempos em dentes artificiais de resina acrílica de diferentes marcas comerciais. Os resultados do estudo mostraram que a profundidade de dissolução da superfície, condicionada com MMA, aumentou proporcionalmente ao tempo de exposição ao produto.

Apesar de alguns estudos, avaliando dentes artificiais em resina acrílica, apresentarem resultados interessantes em relação à resistência mecânica da interface adesiva entre RC e dentes artificiais, não há embasamento científico suficiente para afirmar que o comportamento da interface quando do uso da RAAQ seja semelhante. A resina acrílica dos dentes artificiais sofre polimerização lenta e controlada, além do número de ligações cruzadas ser bastante superior quando comparada à RAAQ, o que poderia influenciar no comportamento da interface de união.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

- Avaliar o comportamento mecânico da interface adesiva formada entre a RC de baixa viscosidade e a RAAQ.

3.1.1 Objetivos Específicos

- Avaliar o comportamento mecânico da interface adesiva (RAAQ/RC de baixa viscosidade), variando-se o tratamento de superfície aplicado à RAAQ.

- Sugerir a elaboração de uma técnica clínica a ser seguida em casos de união entre RAAQ e RC de baixa viscosidade como em reembasamento e/ou reparos de restaurações provisórias, ou mesmo durante a personalização do perfil de emergência de próteses sobre implantes.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Estudo Piloto

Foi realizado um estudo piloto, para definir a metodologia a ser empregada, tanto em relação à confecção dos espécimes quanto ao teste mecânico empregado. Para este estudo foram confeccionados 35 blocos padronizados em RAAQ (Alike, GC America Inc, Alsip, Illinois, EUA).

Um bloco mestre, com aresta de 1 centímetro, foi impresso em poliuretano com auxílio de uma impressora tridimensional (Figura 5). Esse bloco foi incluído em silicone de adição para confecção de cinco moldes mestres (Figura 6). A partir de então, a RAAQ (Alike, GC America Inc, Alsip, Illinois, EUA) foi vertida nos moldes mestres (Figura 7) e levada em pressão constante de 20 bar por 20 minutos para a completa polimerização e redução de porosidades internas. Cada bloco padronizado foi removido do molde mestre e feito o acabamento nas arestas. Para facilitar o polimento da superfície e a consequente padronização da rugosidade superficial, cada bloco de RAAQ foi incluído em cilindros de PVC, de dimensão 20x25mm (Krona, Joinville, Santa Catarina, Brasil), preenchidos com RAAQ incolor (Resina Auto TDV, TDV Dental Ltda, Pomerode, Santa Catarina, Brasil) (Figura 8).



Figura 4: Bloco mestre em poliuretano com aresta de 1cm.

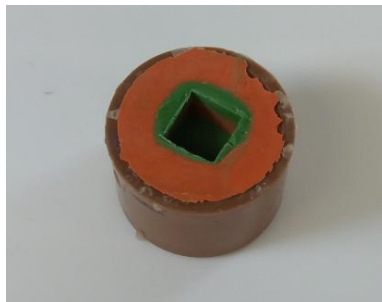


Figura 5: Molde mestre em silicone de adição.



Figura 6: Preenchimento do molde mestre com RAAQ (Alike, GC America Inc).

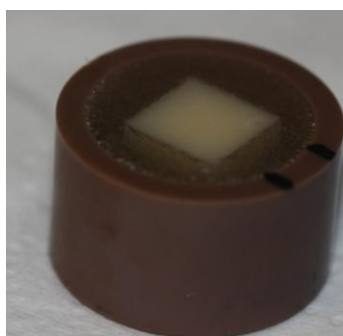


Figura 7: Bloco de RAAQ (Alike, GC America Inc, Alsip, Illinois, EUA), incluído em cilindro de PVC preenchido com RAAQ incolor.

A superfície dos blocos foi polida em politriz metalográfica com sequência padrão de lixas (lixa d'água de granulação 220, 400, 600 e 1200) (Figura 9). Cada lixa foi aplicada por 10 minutos de forma a padronizar a rugosidade de superfície.



Figura 8: Politriz metalográfica do Laboratório de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade Federal de Santa Catarina.

A rugosidade de superfície foi mensurada, com auxílio de rugosímetro digital. Foram realizadas três mensurações em pontos diferentes da superfície, sendo a média das três medidas considerada para avaliação do bloco. A rugosidade deveria variar entre 0,10 e 0,16 μ m. Nos casos de rugosidade média acima de 0,16 μ m, o bloco era lixado novamente com a sequência de lixas até que a rugosidade padrão fosse obtida. A rugosidade média foi $0,13 \pm 0,05 \mu$ m.

Os blocos foram então submetidos ao banho ultrassônico por 10 minutos (Figura 10), seguidos de secagem em papel absorvente.

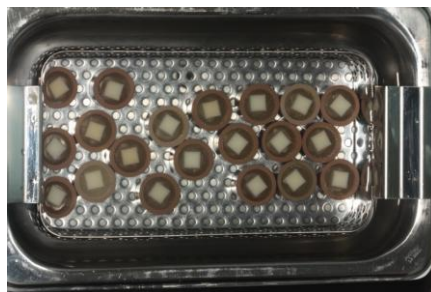


Figura 9: Blocos submetidos ao banho ultrassônico.

Em seguida, os blocos foram aleatoriamente distribuídos em três grupos segundo o tratamento de superfície aplicado. O primeiro grupo recebeu tratamento apenas com aplicação de MMA (Alike, GC America Inc, Alsip, Illinois, EUA). O produto foi aplicado com o auxílio de uma pinça e uma esfera de algodão embebida, mantida em contato com a superfície da RAAQ por 180s (Figura 11).



Figura 10: Condicionamento da superfície com MMA (Alike, GC America Inc, Alsip, Illinois, EUA) por 180s.

Os blocos do segundo grupo tiveram a superfície tratada apenas com Primer Adesivo específico para Compósito (Composite Primer, GC Europe, Inc, Leuven, Bélgica.), que foi aplicado de forma ativa com auxílio de pincel microbrush (Figuras 12 e 13).

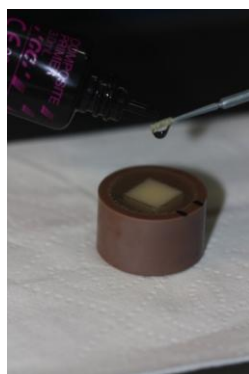


Figura 11: Condicionamento da superfície com Primer Adesivo para Compósito (Composite Primer, GC Europe, Inc, Leuven, Bélgica).



Figura 12: Aplicação do Primer Adesivo para Compósito (Composite Primer, GC Europe, Inc, Leuven, Bélgica) de forma ativa com microbrush.

Foram então aplicados leves jatos de ar para a remoção dos excessos e o primer fotoativado por 40s (Figura 14).



Figura 13: Fotopolimerização do Primer Adesivo para Compósito (Composite Primer, GC Europe, Inc, Leuven, Bélgica).

O terceiro grupo recebeu ambos os tratamentos na sequência, sendo primeiro realizada a aplicação de MMA por 180s, secagem com jatos de ar e aplicação do primer adesivo (Composite Primer, GC Europe, Inc, Leuven, Bélgica) da mesma forma como descrito anteriormente.

Após os tratamentos de superfície, cada bloco recebeu quatro espécimes de RC (Figura 15), sendo confeccionados dois cilindros de RC de baixa viscosidade (Gaenial Universal Flow, GC America Inc), e dois cilindros de RC convencional (Solare, GC America Inc.) sendo esses últimos, parte integrante de um segundo estudo. Na figura 16, pode-se notar que os cilindros apresentavam dois diâmetros distintos (transparente com 1mm e vermelho com 2 mm). Esses dois diâmetros foram utilizados de modo a permitir a realização dos testes de microcisalhamento e cisalhamento no mesmo bloco de RAAQ.



Figura 14: Inserção de RC de baixa viscosidade (Gaenial Universal Flow, GC America Inc) no cilindro.

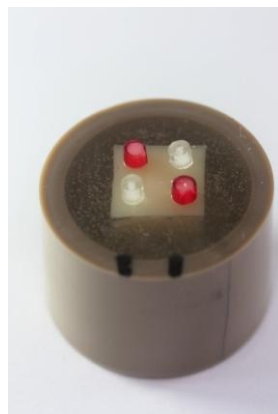


Figura 15: Cilindros de RC convencional (Solare, GC America Inc.) e de RC baixa viscosidade (Gaenial Universal Flow, GC America Inc) nos diâmetros de 1 mm (microcisalhamento) e 2 mm (cisalhamento).

Após a fotoativação da RC por 40s, os cilindros foram cuidadosamente removidos com auxílio de uma lâmina de bisturi, de modo a expor a região onde seria aplicado o teste mecânico (Figura 17).

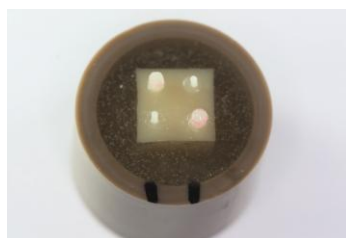


Figura 16: Incrementos de RC convencional (Solare, GC America Inc.) e RC de baixa viscosidade (Gaenial Universal Flow, GC America Inc).

Os espécimes foram testados individualmente em Máquina Universal de Ensaio (Instron 4444, USA). Todos os ensaios mecânicos foram realizados no Laboratório da Pós-Graduação do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Como ilustrado nas figuras 18 e 19, um fio de aço de 0,025 mm de espessura foi utilizado para tracionar os corpos de prova, com tensão crescente e velocidade constante (0,5 mm/min) até a ruptura. O valor de tensão máxima foi registrado em N e transformado posteriormente para MPa segundo a área de superfície de cada teste. O tipo de falha ocorrida (adesiva, coesiva ou mista), foi então avaliado visualmente com auxílio de lupa.



Figura 17: Máquina Universal de Ensaios (Instron 4444) com fio de aço 0,025mm para tração do corpo de prova.

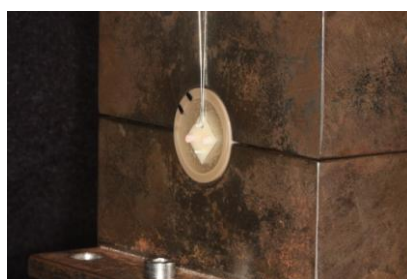


Figura 18: Corpo de prova sendo tracionado por fio de aço 0,025mm em Máquina Universal de Ensaios.

4.2 Resultados do Estudo Piloto

A análise estatística dos resultados de resistência adesiva foi realizada com auxílio do programa IBM SPSS (v. 20, Armonk, NY), onde foi realizada Análise de Variância (ANOVA) fatorial seguido dos testes de Tukey HSD para comparação múltipla dos tratamentos. A Tabela 1 apresenta os resultados da ANOVA Fatorial considerando-se como variável dependente a resistência de união (MPa), e como fatores, o tratamento de superfície e o teste (cisalhamento ou microcisalhamento).

Tabela 1: Resultados da ANOVA Fatorial avaliando a resistência de união (MPa) após a aplicação dos diversos tratamentos, o teste realizado e a interação entre eles.

Variável	F Valor	P Valor
Tratamento	7,37	0,001
Teste	26,02	0,0001
Tratamento*Teste	3,312	0,042

Pode-se observar na tabela acima que todos os efeitos principais foram significativos, assim como a interação entre eles.

A Tabela 2 apresenta a média de resistência de união dos corpos de prova, de acordo com o tratamento de superfície realizado, o teste mecânico realizado e o número de espécimes testadas.

Tabela 2: Média (\pm e erro padrão) de resistência de união (MPa) segundo o tratamento de superfície e o teste mecânico realizado.

Tratamento		Média (\pm DP)	N
Cisalhamento	MMA 180S	7,97 (\pm 1,31) A	16
	Primer Adesivo (GC Europe)	7,95 (\pm 1,27) A	16
	MMA 180s + Primer Adesivo (GC Europe)	17,21 (\pm 2,07) B	16
Microcisalhamento	MMA 180S	1,88 (\pm 1,31) A	15
	Primer Adesivo (GC Europe)	5,39 (\pm 1,31) A	15
	MMA 180s + Primer Adesivo (GC Europe)	5,92 (\pm 2,07) A	16

Média seguida por letras maiúsculas indicam diferenças significativas entre tratamentos. ANOVA Fatorial seguido de Tuckey HSD ($p>0,05$).

Pode-se observar, conforme a Tabela 2 que a aplicação de MMA 180s seguido do Primer Adesivo para Compósito (GC Europe) aumentou a resistência de união de forma significativa quando comparado aos demais grupos somente na avaliação do cisalhamento.

O Gráfico 1 mostra, de forma mais clara, essa interação entre o tratamento de superfície e o teste mecânico realizado. Neste gráfico é possível observar que a força média necessária para causar a ruptura dos espécimes é um pouco maior em todos os tratamentos de superfície quando o teste realizado foi o de cisalhamento quando comparado ao teste de microcisalhamento. Além disso, o desvio padrão foi maior em todos os tratamentos de superfície do teste de microcisalhamento, mostrando que os valores foram mais variáveis do que no teste de cisalhamento.

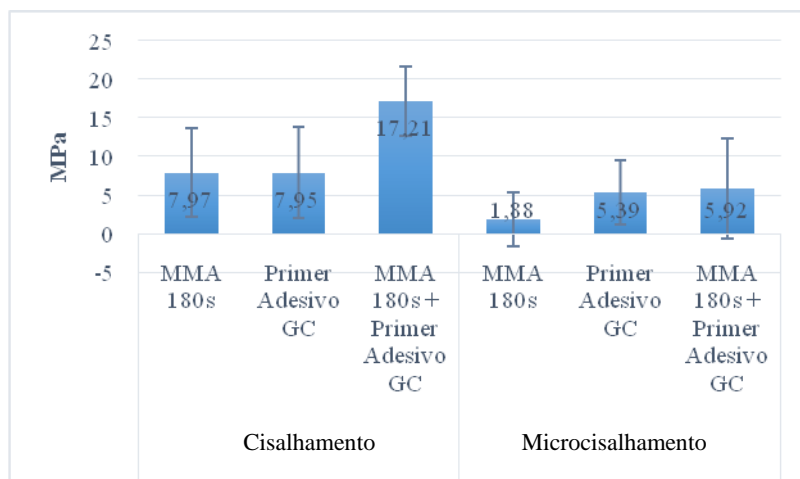


Gráfico 1: Resistência de união média (MPa), segundo o tratamento de superfície e o teste mecânico realizado.

Foi também realizada a análise dos dados por meio o cálculo do Módulo de Weibull, que consiste em uma distribuição de probabilidade contínua. No Gráfico 2 é possível observar que, independentemente do teste, os grupos tratados com MMA (180s) ou adesivo isoladamente, uma força de aproximadamente 20 MPa já seria suficiente para deslocar 100% dos corpos de prova. Quando analisado o grupo MMA 180s associado ao Primer Adesivo (Composite Primer, GC Europe), essa força seria de aproximadamente 35 MPa, o que é significativamente superior em comparação aos demais grupos.

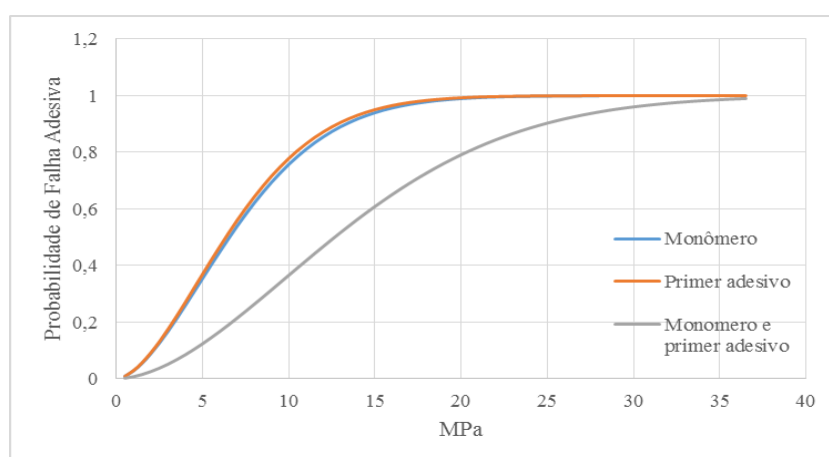


Gráfico 2: Módulo de Weibull correspondente aos diferentes tratamentos de superfície.

Conforme analisado na Tabela 1, o teste mecânico de forma isolada mostrou que há uma diferença significativa entre os testes de microcisalhamento e cisalhamento ($p = 0,004$). No Gráfico 3 fica evidente o comportamento distinto da interface adesiva para ambos os testes (micro e cisalhamento).

Esse mesmo cálculo do Módulo de Weibull foi realizado avaliando-se a performance dos resultados segundo o teste mecânico realizado. No Gráfico 3, pode-se observar que o comportamento dos espécimes é semelhante em ambos os testes de microcisalhamento e cisalhamento.

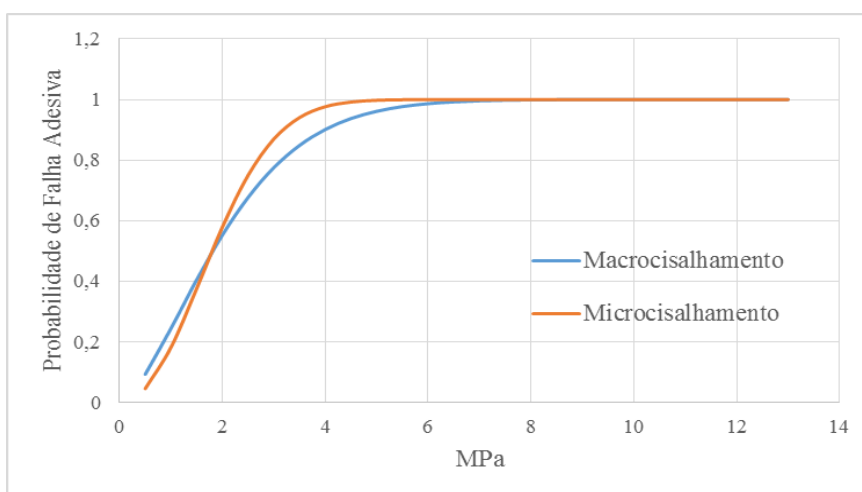


Gráfico 3: Gráfico de Módulo de Weibull avaliando os testes de micro e cisalhamento.

4.3 Considerações do estudo piloto

Com os resultados observados no estudo piloto, pode-se fazer um cálculo amostral definindo-se o número de espécimes necessários ao estudo principal. Esses resultados também auxiliaram na seleção do teste de cisalhamento como o teste mais apropriado para avaliar a resistência adesiva da interface, visto que maiores valores de resistência adesiva e menor variabilidade dos dados foram observados. Em acréscimo a inserção de RC é facilitada nos cilindros de maior diâmetro. Após o estudo piloto, optou-se também por não remover os cilindros guia, visto que a força aplicada para a remoção dos mesmos poderia alterar a adesão da RC de baixa viscosidade.

4.4 Estudo experimental

O método de confecção dos corpos de prova dos grupos experimentais se manteve como descrito no estudo piloto.

Todos os blocos tiveram sua rugosidade de superfície padronizada, da mesma maneira realizada no estudo piloto, sendo utilizados apenas os blocos com rugosidade média obtida entre 0,10 e 0,16 μm . A média geral das rugosidades de superfície dos blocos foi de 0,14 μm e o desvio padrão foi de 0,01 μm .

Para o estudo, foram confeccionados 62 blocos de RAAQ que, após banho ultrassônico, foram aleatoriamente divididos nos grupos experimentais variando-se o tratamento de superfície, a marca comercial dos produtos testados e a viscosidade da RC utilizada.

Em metade da amostra total, foi realizado jateamento prévio ao tratamento com partículas de 50 μm de óxido de alumínio. Para padronizar a aplicação e a distância do jateamento das superfícies com óxido de alumínio foi confeccionada uma matriz de resina, onde um jateador manual era acoplado, de modo a manter a ponta a 6 centímetros de distância da superfície do corpo de prova (Figura 20).



Figura 19: Matriz de 6 centímetros para padronização da distância do jateamento

Após os tratamentos de superfície, dois cilindros de RC de baixa viscosidade e dois cilindros de RC de viscosidade convencional foram aderidos e fotopolimerizados, sendo que os resultados da RC convencional foram tabulados e analisados em um

estudo paralelo. A composição dos grupos experimentais está descrita abaixo na Tabela 3.

Tabela 3: Composição dos grupos do estudo experimental

Monômero	Jateamento Al_2O_3	Sistema Adesivo	Resina Composta
180s	NA	NA	Filtek Z350 XT Flow (3M ESPE)
NA	NA	Scotchbond (3M ESPE)	Filtek Z350 XT Flow (3M ESPE)
180s	NA	Scotchbond (3M ESPE)	Filtek Z350 XT Flow (3M ESPE)
180s	Com	NA	Filtek Z350 XT Flow (3M ESPE))
NA	Com	Scotchbond (3M ESPE)	Filtek Z350 XT Flow (3M ESPE)
180s	Com	Scotchbond (3M ESPE)	Filtek Z350 XT Flow (3M ESPE)
180s	NA	NA	Gaenial Universal Flow (GC America Inc)
NA	NA	Composite Primer (GC Europa)	Gaenial Universal Flow (GC America Inc)
180s	NA	Composite Primer (GC Europa)	Gaenial Universal Flow (GC America Inc)
180s	Com	NA	Gaenial Universal Flow (GC America Inc)
NA	Com	Composite Primer (GC Europa)	Gaenial Universal Flow (GC America Inc)
180s	Com	Composite Primer (GC Europa)	Gaenial Universal Flow (GC America Inc)

s: segundos, NA: não aplicado, Óxido de Alumínio (Al_2O_3)

Os tratamentos de superfície foram realizados da mesma forma como descrito no estudo piloto, tomando-se o cuidado de sempre confeccionar os espécimes de RC de baixa viscosidade correspondente à marca do adesivo utilizada no tratamento superficial.

Os espécimes foram então testados individualmente em Máquina de Ensaio Universal (Instron 4444, USA). Todos os ensaios mecânicos foram realizados no Laboratório de Pós-Graduação do Centro de Ciências da Saúde da UFSC. Como descrito no estudo piloto, um fio de aço de 0,025mm de espessura foi utilizado para tracionar os corpos de prova, com tensão crescente e velocidade constante (0,5 mm/min)

até a ruptura. O valor de tensão máxima foi registrado em N e transformado posteriormente em MPa. O tipo de falha ocorrida (adesiva ou mista), foi então avaliado visualmente com auxílio de lupa.

A análise estatística dos resultados de resistência adesiva foi realizada com auxílio do programa IBM SPSS (v. 20, Armonk, NY), onde foi realizada Análise de Variância (ANOVA) fatorial seguido do teste de Tukey HSD para comparação múltipla dos tratamentos.

5. RESULTADOS

Na Tabela 4, abaixo, estão descritos os resultados da Análise de Variância Fatorial, onde a variável dependente é a resistência de união (MPa), e os fatores são o tratamento de superfície, o tipo de falha observado e a aplicação do jateamento com óxido de alumínio. Pode-se observar que todos os efeitos principais foram significativos ($p < 0.05$), porém as interações não foram significantes ($p \geq 0.05$).

Tabela 4: Resultados da ANOVA Fatorial avaliando a resistência de união (MPa) após aplicação dos diversos tratamentos e possíveis interações.

Variável	F Valor	P Valor
Tratamento	11,82	0,0001
Falha	8,75	0,004
Jateamento	0,056	0,813
Tratamento x Falha	0,125	0,724
Tratamento x Jateamento	1,013	0,414
Falha x Jateamento	0,691	0,408

A Tabela 5 abaixo mostra os valores médios de resistência adesiva (MPa), observados em cada grupo.

Tabela 5: Média (\pm desvio padrão) de resistência adesiva (MPa), de acordo com o tratamento de superfície aplicado.

Tratamento	Média
Monômero 3M	5,66 (\pm 3,29) A
Adesivo 3M	6,38 (\pm 3,95) A
Monômero GC	9,08 (\pm 5,3) AB
Adesivo GC	11,51 (\pm 7,08) BC
Monômero + Adesivo 3M	11,87 (\pm 5,41) BC
Monômero + Adesivo GC	15,45 (\pm 4,76) C

Média seguida por diferentes letras maiúsculas indicam diferenças significativas entre tratamentos ($p < 0,001$). ANOVA Fatorial seguido de Tuckey HSD ($\alpha = 0,05$).

Pode-se observar que os tratamentos de superfície, que apresentaram os maiores valores de resistência de união na interface adesiva, foram aqueles em que a superfície foi tratada previamente com MMA por 180s, seguido da aplicação de um agente adesivo ($p<0,05$), independente do tipo adesivo aplicado ($p=0,165$).

A aplicação isolada do Primer Adesivo (Composite Primer, GC Europe) também aumentou a resistência adesiva da interface, sendo os resultados equivalentes aos da associação entre o MMA e ambos os adesivos ($p=1,000$)

Em relação às marcas comerciais, os menores valores de resistência de união foram observados nos produtos da marca 3M ESPE ($p<0,001$), principalmente quando do uso isolado de MMA ou adesivo (Tabela 5).

Foi também realizada a análise dos dados por meio o cálculo do Módulo de Weibull, que está demonstrada no Gráfico 4.

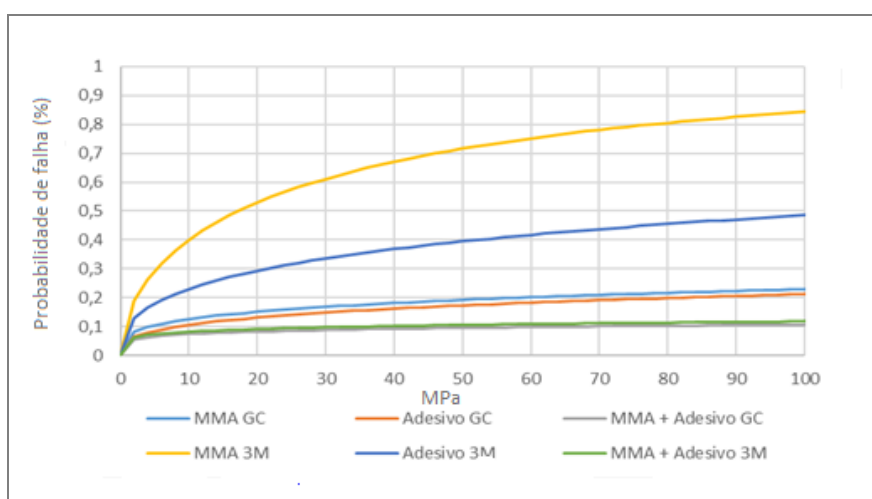


Gráfico 4: Módulo de Weibull aplicado aos diferentes tratamentos de superfície.

Na avaliação dos resultados utilizando-se o cálculo do Módulo de Weibull, pode-se observar que o tratamento de superfície apenas com MMA ou adesivo na aplicação da RC da marca 3M ESPE, uma força muito menor do que nos demais grupos seria suficiente para deslocar 100% dos corpos de prova. Já nos grupos onde foram utilizados os produtos da GC, especialmente o Primer Adesivo para Compósito (GC Europe), a resistência de união aumentou consideravelmente. Por exemplo, nos grupos onde o MMA 180s foi associado aos adesivos, uma força de 100 MPa deslocaria apenas 10% dos espécimes, enquanto que essa mesma força já seria capaz de deslocar

aproximadamente 50% dos espécimes que receberam apenas a aplicação de MMA 180s e RC da marca GC.

Em relação ao jateamento com óxido de alumínio a resistência adesiva da interface não sofreu alteração ($p=0,081$). Entretanto a falha mista foi mais prevalente no grupo que recebeu o jateamento, porém sem interação estatística.

Esse mesmo cálculo do Módulo de Weibull foi realizado avaliando-se a performance dos resultados segundo a aplicação prévia do jateamento, que está disposto no Gráfico 5.

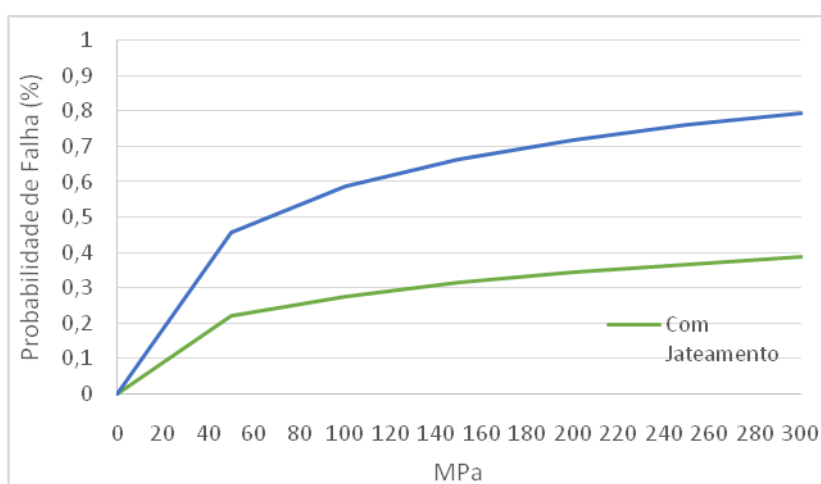


Gráfico 5: Módulo de Weibull aplicado aos diferentes tratamentos de superfície com e sem jateamento.

Apesar de não ser observada diferença significativa no efeito principal ($p=0,81$) e nem na interação entre os fatores tratamento e jateamento ($p=0,414$), ao avaliar os dados por meio do Módulo de Weibull, parece que o comportamento da interface melhorou após o jateamento com óxido de alumínio.

As falhas mais comuns foram as do tipo adesiva, entretanto, o valor médio de resistência adesiva observado nas falhas mistas foi consideravelmente maior ($25,25 \pm 14,21$ MPa) quando comparado à falha adesiva ($10,748 \pm 8,90$ MPa) ($p=0,004$) (Gráfico 6).

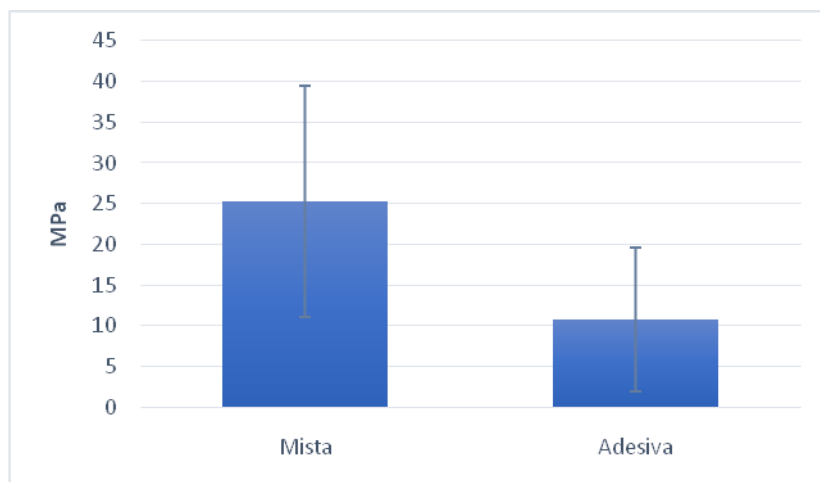


Gráfico 6: Resistência adesiva (MPa) observada segundo o tipo de falha apresentada.

6. DISCUSSÃO

Após a análise dos resultados, pode-se observar que os tratamentos de superfície interferem na adesão entre as resinas, sendo que a aplicação de MMA por 180s seguida de ambos adesivos ou o uso exclusivo do primer adesivo (Composite Primer, GC Europe) foram os tratamentos que apresentaram os maiores valores de resistência adesiva. Na avaliação dos resultados utilizando-se o cálculo do Módulo de Weibull, observa-se graficamente o comportamento de cada um dos tratamentos. Fica evidente que após o tratamento de superfície apenas com MMA ou adesivo da marca 3M ESPE, uma força muito baixa seria suficiente para deslocar 100% dos corpos de prova. Já nos grupos onde foi utilizado o Primer Adesivo para Compósito (GC Europe) ou a associação de aplicação prévia de MMA seguida do adesivo, essa força seria consideravelmente maior. Por exemplo, nos grupos onde o MMA 180s foi associado aos adesivos, uma força de 100 MPa, considerada clinicamente bastante alta, deslocaria apenas 10% dos espécimes, demonstrando a efetividade da adesão entre as duas resinas após o tratamento de superfície.

Estudo prévio,²¹ avaliando dentes artificiais de resina acrílica, revelou que o MMA poderia atuar como agente condicionante da superfície de resina acrílica, aumentando assim a resistência de união da interface. A aplicação deste produto teria efeito diluidor da camada superficial do dente de estoque, possibilitando uma maior penetração do adesivo e, conseqüentemente, uma união químico-mecânica entre os substratos. VALLIN; LASSICA; LAPPALAINEN (1994)¹⁵ sugerem que essa dissolução da camada superficial de resina acrílica propicia a formação de ligações de IPN secundária e ligações duplas livres que poderiam auxiliar na copolimerização da RC, contribuindo sobremaneira para aumentar a resistência de união da interface adesiva e explicando, em partes, os resultados encontrados no presente estudo.

Apesar da aplicação do MMA ter ação condicionante sobre a RAAQ, o uso isolado deste produto parece não ser suficiente para manter a adesão da interface, visto que a resistência adesiva é baixa. Resultados semelhantes foram encontrados no estudo prévio⁸ mostrando que o uso isolado do MMA não é capaz de promover sítios ativos suficientes para que ocorra uma adesão efetiva entre a RAAQ e a RC. Seria necessário o uso de um agente de ligação previamente à inserção da RC para aumentar a estabilidade

e performance da interface adesiva, o que corrobora, em partes, com os resultados do presente estudo.

Diferentemente do estudo de Vergani et al⁸., que não encontrou relação entre o uso isolado do adesivo Scotchbond no aumento da resistência adesiva, o presente estudo revelou resultados bastante relevantes quando da aplicação isolada do Primer adesivo (Composite Primer, GC Europe). Esse tratamento aumentou sobremaneira a resistência da interface adesiva, sendo, os resultados semelhantes aos encontrados quando da associação MMA e ambos os adesivos. Provavelmente, isso se deve à formulação química diferenciada do produto, que poderia supostamente reagir com a superfície da RAAQ, aumentando a difusão do produto na camada superficial da RAAQ e consequentemente formar uma interface adesiva mais delgada e com ligações mais resistentes.

Outra possível explicação para a melhor performance do primer adesivo (Composite Primer, GC Europe) poderia estar na própria RC utilizada. A RC de baixa viscosidade, utilizada no experimento, apresenta maior quantidade de carga orgânica, que poderiam reagir com os grupos metacrilatos dos compostos organosilanos, presentes no primer adesivo, formando assim, uma união covalente com a RC durante a polimerização, completando assim, o processo de união. Esta ligação química, intermediada pelo adesivo, aliada ao bom escoamento da RC de baixa viscosidade, poderia resultar em uma interface de união bastante delgada porém altamente resistente, explicando, em partes, os melhores resultados encontrados.

Esses aumento da resistência após a aplicação de apenas um produto é muito interessante, visto que reduz o tempo clínico e o custo do procedimento, sendo o condicionamento prévio com MMA por 180 s não mais necessário. Entretanto, esses resultados devem ser analisados com cautela, pois, o presente estudo é um dos pioneiros a avaliar o comportamento adesivo deste novo produto. Estudos futuros comparando diferentes sistemas adesivos e a performance da interface adesiva utilizando agentes adesivos em longo prazo são necessários para analisar o comportamento clínico das restaurações provisórias reembasadas.

Ao analisarmos a aplicação isolada de MMA por 180s, pode-se observar que o a RC da marca GC (Gaenial Universal Flow, GC America Inc) ($9,08 \pm 5,30$ MPa) mostrou-se superior quando comparados à RC da marca 3M (Filtek Z350 XT Flow, 3M ESPE) ($5,66 \pm 3,28$ MPa). Essa diferença poderia ser em decorrência do substrato de

RAAQ, visto que os blocos foram confeccionados em Alike (GC America), que provavelmente apresentam maior compatibilidade química com a RC da mesma marca. Em relação aos valores médios encontrados nos grupos que receberam o tratamento (MMA ou adesivo) de forma isolada, esses valores são semelhantes aos encontrados no estudo de Vergani et al. 2000⁸, onde aproximadamente 4,6 MPa foi mensurada após o tratamento somente com MMA e 5,8 MPa, após a aplicação do adesivo Scotchbond (3M ESPE) isoladamente.

Embora não muito estudado para uso em restaurações provisórias em RAAQ, o uso do jateamento é muito difundido como tratamento prévio de coroas metálicas, próteses adesivas e núcleos, pois promove retenções micromecânicas que auxiliam na cimentação das peças protéticas^{22, 23}. Em uma revisão de literatura⁷ sobre formas de manejo de restaurações provisórias, os autores relatam que a aplicação do jateamento com óxido de alumínio, associado ao uso de MMA e um agente adesivo, poderia aumentar a resistência da interface adesiva. No presente estudo, o uso prévio do jateamento não influenciou o comportamento da interface adesiva ($p = 0,81$). Isto pode ter ocorrido devido ao tipo de RC utilizada, visto que o alto escoamento da RC de baixa viscosidade poderia ter sido suficiente para aumentar a superfície de contato entre as resinas, sendo as microrretenções do jateamento, portanto, de pouca valia para a melhora da resistência de união da interface. Outra possível justificativa para o resultado encontrado seria a limitação da análise estatística, visto que esta usa a média dos valores encontrados. Entretanto, na análise pelo cálculo do Módulo de Weibull (Gráfico 5), que trabalha com os valores individuais, pode-se observar que houve um aumento na força de união na interface adesiva, nos grupos que receberam aplicação prévia do jateamento quando comparado aos grupos que não receberam.

Outro ponto importante a ser analisado é o tipo de fratura observado na interface, visto que essa fratura, em regiões críticas como o término cervical, é bastante prejudicial à saúde dos tecidos periodontais e consequentemente ao resultado estético do tratamento. No presente estudo, a falha adesiva foi a mais prevalente, entretanto, o valor médio de resistência adesiva observado nas falhas mistas foi consideravelmente maior ($25,25 \pm 14,21$ MPa) quando comparado à falha adesiva ($10,748 \pm 8,90$ MPa) ($p=0,004$). Esses resultados são similares aos encontrados em estudo prévio,²⁴ que demonstrou que para que uma falha do tipo mista ocorra a resistência de união da interface adesiva deve ser elevada e maior que a resistência de um ou ambos os

materiais aderidos.²⁴ Nesse sentido, podemos observar que a interface adesiva formada após a aplicação de alguns tratamentos como a associação MMA e agente adesivo ou apenas a aplicação do primer adesivo, proporcionou uma camada adesiva altamente eficiente, sendo mais forte que a resistência das próprias resinas, como em alguns casos de falhas mistas.

Por se tratar de um estudo in vitro, diversas condições bucais não podem ser simuladas, havendo assim muitas limitações. A comprovação clínica dos resultados observados se faz necessária, além de mais estudos avaliando o comportamento mecânico da interface adesiva para comprovar os resultados obtidos e avaliar a aplicação de diferentes produtos e técnicas com objetivo de sempre aprimorar a resistência de união desta interface e consequentemente a performance clínica das restaurações provisórias..

7. CONCLUSÃO

Pode-se concluir que o comportamento mecânico da interface adesiva formada entre a RC de baixa viscosidade e a RAAQ varia conforme o tratamento de superfície utilizado, sendo os tratamentos mais eficientes representados pela associação entre o MMA 180s e um agente adesivo ou o uso exclusivo do primer adesivo (Composite Primer, GC Europe). Por outro lado, o jateamento com óxido de alumínio não influenciou a resistência adesiva da interface.

Desta forma, sugere-se que a técnica clínica mais apropriada para casos de reembasamentos e reparos de restaurações provisórias em RAAQ e/ou durante a personalização do perfil de emergência de próteses sobre implantes com RC de baixa viscosidade, seria a aplicação isolada do primer adesivo (Composite Primer, GC Europe), pois dispensa uma etapa clínica demorada e torna o procedimento mais fácil, além de reduzir o custo do procedimento. Quando esse produto não estiver disponível, deve-se associar a aplicação previa de MMA por 180s, seguido do uso de algum agente adesivo antes da aplicação da RC de baixa viscosidade.

8. REFERÊNCIAS

1. Peres MA, Barbato PR, Reis SC, Freitas CH and Antunes JL. [Tooth loss in Brazil: analysis of the 2010 Brazilian Oral Health Survey]. *Rev Saude Publica*. 2013; 47 Suppl 3: 78-89.
2. Goncalves TM, Campos CH and Garcia RC. Effects of implant-based prostheses on mastication, nutritional intake, and oral health-related quality of life in partially edentulous patients: a paired clinical trial. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2015; 30: 391-6.
3. Jansson L, Lavstedt S and Frithiof L. Relationship between oral health and mortality rate. *J Clin Periodontol*. 2002; 29: 1029-34.
4. Burns DR, Beck DA, Nelson SK and Committee on Research in Fixed Prosthodontics of the Academy of Fixed P. A review of selected dental literature on contemporary provisional fixed prosthodontic treatment: report of the Committee on Research in Fixed Prosthodontics of the Academy of Fixed Prosthodontics. *J Prosthet Dent*. 2003; 90: 474-97.
5. Hammond BD, Cooper JR, 3rd and Lazarchik DA. Predictable repair of provisional restorations. *J Esthet Restor Dent*. 2009; 21: 19-24; discussion 5.
6. Bohnenkamp DM and Garcia LT. Repair of bis-acryl provisional restorations using flowable composite resin. *J Prosthet Dent*. 2004; 92: 500-2.
7. Patras M, Naka O, Doukoudakis S and Pissiotis A. Management of provisional restorations' deficiencies: a literature review. *J Esthet Restor Dent*. 2012; 24: 26-38.
8. Vergani CE, Machado AL, Giampaolo ET and Pavarina AC. Effect of surface treatments on the bond strength between composite resin and acrylic resin denture teeth. *Int J Prosthodont*. 2000; 13: 383-6.
9. KIMPORA ET. Avaliação da microinfiltração na interface resina composta/dentes artificiais de resina acrílica. *Revista de Odontologia da UNESP*. 2008: 9-13.
10. Burke FJ, Murray MC and Shortall AC. Trends in indirect dentistry: 6. Provisional restorations, more than just a temporary. *Dent Update*. 2005; 32: 443-4, 7-8, 50-2.
11. Anusavic K P. *Materiais Dentários*. 10 ed. Rio de Janeiro 1998.
12. CANEVAROLO SV. *Ciência dos polímeros: um texto básico para tecnólogos e engenheiros*. 1 ed. São Paulo 2002.
13. CRAIG RGP, John M. *Materiais Dentários Restauradores*. 11 ed. Santos: São Paulo, 2004.
14. Stameisen AE and Ruffino A. Replacement of lost or broken denture teeth with composites. *J Prosthet Dent*. 1987; 58: 119-20.
15. Perea L, Matinlinna JP, Tolvanen M, Lassila LV and Vallittu PK. Monomer priming of denture teeth and its effects on the bond strength of composite resin. *J Prosthet Dent*. 2014; 112: 257-66.
16. Papazoglou E and Vasilas AI. Shear bond strengths for composite and autopolymerized acrylic resins bonded to acrylic resin denture teeth. *J Prosthet Dent*. 1999; 82: 573-8.
17. Netto NG. *Dentística Restauradora: Restaurações Diretas*. Santos, 2003, p.223.
18. Garone Netto Nea. *Introdução a dentística restauradora*. Santos: São Paulo, 2003.

19. Vallittu PK, Lassila VP and Lappalainen R. Wetting the repair surface with methyl methacrylate affects the transverse strength of repaired heat-polymerized resin. *J Prosthet Dent*. 1994; 72: 639-43.
20. Perea L, Matinlinna JP, Tolvanen M, Mannocci F, Watson TF and Vallittu PK. Penetration depth of monomer systems into acrylic resin denture teeth used as pontics. *J Prosthet Dent*. 2015; 113: 480-7.
21. KIMPARA ET. Avaliação da microinfiltração na interface resina composta/dentes artificiais de resina acrílica. *Revista de Odontologia da UNESP*. São José dos Campos 2008, p. 09-13.
22. Acar A, Inan O and Halkaci S. Effects of airborne-particle abrasion, sodium hydroxide anodization, and electrical discharge machining on porcelain adherence to cast commercially pure titanium. *Journal of biomedical materials research Part B, Applied biomaterials*. 2007; 82: 267-74.
23. Rekow ED, Silva NR, Coelho PG, Zhang Y, Guess P and Thompson VP. Performance of dental ceramics: challenges for improvements. *Journal of dental research*. 2011; 90: 937-52.
24. Sehgal M, Bhargava A, Gupta S and Gupta P. Shear Bond Strengths between Three Different Yttria-Stabilized Zirconia Dental Materials and Veneering Ceramic and Their Susceptibility to Autoclave Induced Low-Temperature Degradation. *Int J Biomater*. 2016; 2016: 9658689.